キャピラリーバリアシステムを導入した盛土式廃棄物貯蔵施設の遮水機能

新潟大学災害・復興科学研究所 正会員○森井俊広
飛島建設技術研究所 正会員 松元和伸
神戸高専都市工学科 正会員 小林 薫
日本原子力発電廃止措置 P 正会員 中房 悟
静岡県（前新潟大学農学部） 正会員 阪絵梨子

1．はじめに

土のキャピラリーバリア（CB）は，砂層とその下に礫層を敷設した単純な土層システムをいう。地表面から浸潤してきた土中水は，土の不飽和水分特性の違いにより，両土層の境界面に沿って遮断される[1)]。この CB システムを導入して，危険な廃棄物あるいは低レベルの放射性廃棄物を安全に隔離するための盛土式廃棄物貯蔵施設を提案[2)]している（図 1)。表層部に敷設した上部 CB 被覆層によって降雨にともなう浸潤水を遮断するとともに，万が一に浸潤が生じた場合，底部 CB 排水層により貯蔵廃棄物を通過してくる土中水を安全に集水し排水できる構造となっている。盛土形式であるため地下水の流入はなく，かつ砂と礫の自然材料であることから非常に長期にわたる供用性をもつ。

CB システムを導入した盛土式廃棄物貯蔵施設を想定し，試験施工を行った。本文では，CB 層の施工性を紹介するとともに，5 ヶ月にわたる盛土内の土中水分量の測定結果をまとめ，野外条件下における CB の機能を確認した。

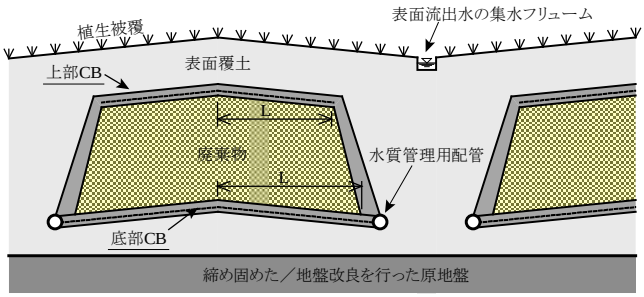

図 1　CB を導入した盛土式廃棄物貯蔵施設（提案）

2．CB 盛土の試験施工

CB 層には，平均粒径 0.22mm の砂と 6.0mm の礫を用いた。CB 盛土の構造規模は，砂の飽和透水係数，砂と礫の不飽和土水分特性，層の傾斜角ならびに浸潤量によって決定される限界長（傾斜した CB 層が上からの浸潤を遮断し境界面に沿って排水できる距離）によって決まる。土槽試験から，おおよそ限界長として 5m 程度が可能であることを確認[3)]したのち，図 2 に示すように，貯蔵施設の片側半分を模擬した高さ 2m 弱の CB 盛土を試験造成した。原地盤（ローム）を 10%の傾斜をつけて整地したのち，法面バケットを用いて礫を厚さ 10cm，続いて砂を厚さ 20cm で静的に締固めた（図 3)。底部 CB 層を敷設したのち，現地の砂質土を締固め，その上に貯蔵体を想定して砂質土を詰めたトンパックを設置し，さらにその上に上部 CB 層と表土を敷設した。

CB 層の限界長，したがって CB 盛土の構造規模は砂の透水係数の大きさに比例して変化する[1)]ことか

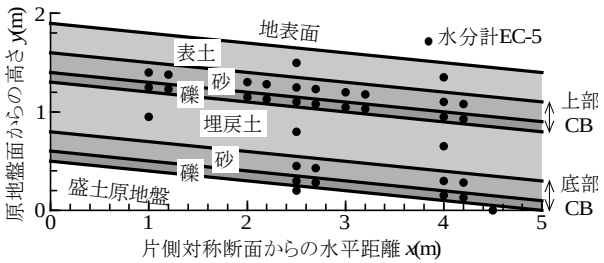

図 2　CB 試験盛土の構造断面（片側断面）

図 3　法面バケットによる CB 層の施工

キーワード:キャピラリーバリア，廃棄物貯蔵施設，試験盛土
連絡先:〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町 8050 新潟大学農学部 TEL: 025-262-6652; EM: morii@agr.niigata-u.ac.jp

ら，砂層の締固め密度の均一性が重要な管理パラメータとなる。採土による密度測定から，バックホーに取り付けた法面バケット用いた施工によっても，比較的均質な締固めを確保できることを確認した[3)]。

３．CB 層の機能

先の図 2 の断面をもつ CB 盛土の奥行き（幅）は 2m で，その奥側に，対照区として CB 層のない砂のみの盛土，および底部 CB 層のみ敷設した盛土を連続して造成した。盛土内の土中水分量（体積含水率 θ）を測定するため，図 2 の黒丸記号で示すように，表土，埋め戻し土，CB 層のそれぞれに複数個の誘電率水分計 EC-5（Decagon Devices 社製）を埋設した。

図 4 に，CB 盛土の試験造成後，7 月中旬から 12 月下旬までの 5 か月にわたる θ の測定結果をまとめる。最上段の図は，10 分間隔で計測した降雨強度である。中段，下段の図で，経過時間 60 日前後および 90 日前後で θ が急増しているが，これは，これらの期間に表面散水実験を行い，異常降雨等を想定して地表面から大量の水を供給したためである。

これらの表面散水実験期間を除いた通常の野外条件下でみると，かなり大きな降雨に遭遇しても，上部 CB 層内の礫層の θ が変化することは少なく，おおむね降雨浸潤に対する遮水機能が維持されていることが分かる。上部 CB 層で，降雨による土中浸潤水がほぼ遮断されているため，その下に敷設された底部 CB 層に降雨浸潤が到達していないことから，下段図の θ にはほとんど変化が起きていない結果となっている。第 1 回目の表面散水実験では，上部 CB 層，底部 CB 層ともに多量の浸潤水が通過しているが，その後はすぐに本来の機能を発揮している。つまり，遮水機能の回復は早く，野外条件下での CB の長期供用性を示唆する結果となっている。第 2 回目の表面散水実験では，上部 CB 層の砂層と礫層の θ がいずれも大きく変化しており，降雨浸潤水は上部 CB 層を通過して下方に移動したと考えられる。その際の底部 CB 層内の水分量の変化をみると，下段図から分かるように，砂層内にわずかに浸潤水が降下してきたものの，境界面上で捕捉され，その下の礫層には流れておらず，底部 CB 層が 2 重のセーフティとしての遮水または排水機能を適切に発揮していると考えることができる。

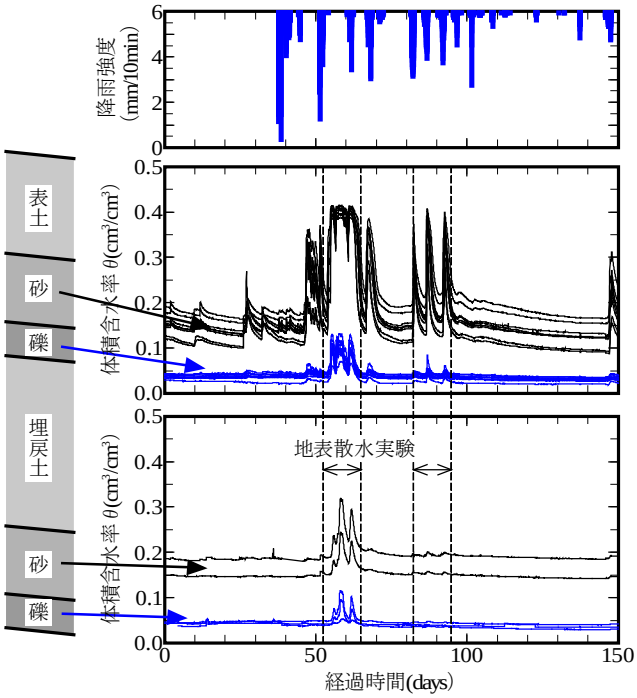

図 4　野外条件下での CB 盛土内の水分変化

４．まとめ

CB システムを導入して，危険な廃棄物，あるいは低レベルの放射性廃棄物を安全に隔離するための盛土式廃棄物貯蔵施設を提案し，その実現可能性を試験施工により調べた。次の結果が得られた。

1) CB 層の施工にあたっては，通常の土工工事と同じように，可能な限り締固め密度を確保し，その条件のもとで期待される限界長をもとに，CB 盛土の構造規模を合理的に決定することができる。
2) 盛土内の土中水分量を測定により，野外条件下における CB の優れたかつ安定した水分遮断機能を確認できた。

本研究は，科学研究費補助金（課題番号 25252043）による支援を受けた。試験盛土の造成にあたり，(有)TNS の田口勝夫氏と染谷昇氏から多大なご協力をいただいた。ここに記してお礼申し上げたい。

参考文献

1) 森井俊広：土のキャピラリー・バリア，地盤工学会誌，Vol.59，No.2，pp.50-51，2011.
2) 森井俊広，小林薫，松元和伸，中房悟：通気・遮水性に富むキャピラリーバリアシステムを用いた廃棄物・汚染土の中間貯蔵，第 2 回環境放射能除染研究発表会要旨集，p.63，2013.
3) Morii T., Kobayashi K., Matsumoto K., Suzuki T. and Saka E.: Hydraulic properties of test shallow land waste repository constructed using capillary barrier of soil, *Proceedings of the 3rd Korea-Japan Joint Workshop on Unsaturated Soils*, Seoul, pp.27-36, 2013.